

Рыбинский филиал ГОАУ ДО ЯО ЦДЮТТ  
детский технопарк «Кванториум»

## **«Биофильтр «Фитодрейс»**

(из высших водных растений и двустворчатых моллюсков  
для доочистки сточных вод)

*Долгова Анастасия Константиновна*

Дата рождения: 21.02.2008

ученица МОУ «СОШ №10», г. Рыбинск, 9 класс;

*Петрова Ульяна Александровна*

Дата рождения: 05.08.2008

ученица Гимназии №18, 8 класс

Научный руководитель: Петрова Ольга Вячеславовна,  
педагог дополнительного образования

Дата рождения: 09.07.1974

Эксперты: Владимир Борисович Вербицкий,

заведующий лабораторией экспериментальной экологии,  
доктор наук, профессор;

Лапиров Александр Григорьевич, кандидат биологических наук, доцент,  
заведующий лабораторией высшей водной растительности ФГБУН «Институт  
биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина» РАН.

г. Рыбинск, 2023 г.

## **Краткая аннотация проекта**

*Цель проекта* – создание экологического очистного инженерного устройства – биофильтра из высших водных растений и двустворчатых моллюсков (дрейссен) для очистки (доочистки) сточных вод.

### *Объекты исследования*

Высшие водные растения: роголистник тёмно-зелёный, телорез алоэвидный, элодея канадская, и водокрас обыкновенный; а также двустворчатые моллюски – дрейссены речные.

### *Методы исследования*

Изучение научной литературы. Закладка опыта по очищению воды высшими водными растениями и двустворчатыми моллюсками – дрейссенами речными. Наблюдения и исследования на оптическом микроскопе. Химический анализ проб воды и биообъектов. Сравнение аналогов биофильтра. Анализ полученных результатов с результатами из научных источников.

### *Результаты, выводы*

Установка подобных биофильтров поможет улучшить качество воды в открытых водоёмах Ярославской области и за её пределами, значит, улучшится качество жизни людей. В воде и рыбе, употребляемой в пищу людьми, будет находиться меньше токсичных веществ, следовательно, люди будут меньше болеть и дольше жить.

## Оглавление

1. Введение.....	3
1.1. Актуальность, проблемная ситуация.....	3
1.2. Цель.....	3
1.3. Задачи.....	3
1.4. Описание, новизна проекта.....	4
1.5. Биологические объекты для фильтра.....	5
2. Этапы и механизмы реализации проекта.....	6
3. Результаты реализации проекта.....	6
4. Описание практической значимости проекта.....	9
5. Заключение.....	9
6. Список использованной литературы.....	12
7. Приложения .....	13

## **1. Введение**

### ***1.1. Актуальность, проблемная ситуация:***

В городах и других населенных пунктах происходит загрязнение воды в реках и других водоемах из-за сточных вод в период весеннего паводка, из-за неисправных ливневых сливов, из-за недостаточной очистки стоков промышленными предприятиями. Мы хотим, чтобы с помощью нашего биофильтра, в котором используются высшие водные растения и двустворчатые моллюски – дрейссены, вода в реках очищалась от вредных веществ: солей тяжелых металлов, нефтепродуктов, бензола и других токсичных веществ.

***1.2. Цель:*** создание экологического очистного инженерного устройства – биофильтра из высших водных растений и двустворчатых моллюсков для доочистки сточных вод от солей тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других вредных веществ в течение 2-3 лет.

### ***1.3. Задачи:***

1. Создание команды разработчиков устройства.
2. Анализ конкурентов и рынка.
3. Разработать дневник проекта, где написано, кто ответственный за какие этапы и сроки работ.
4. Исследование биологических объектов, входящих в биофильтр.
5. Освоение технологий проведения химических опытов по исследованию накоплению вредных веществ в водных растениях и в моллюсках-дрейссенах в условиях nano-лаборатории.
6. Подбор материалов для конструкции.
7. Создание образцов прототипа биофильтра.
8. Разработка конструкторской документации.
9. Поиск партнёров/инвесторов;
10. Разработка конструкции и установка биофильтра на реке Волга на территории предприятия-партнёра проекта.
11. Испытания, тестирование, патентование.
12. Написание текстов.
13. Публичные выступления.
14. Отчёты.
15. Ценообразование и другие.

#### ***1.4. Описание, новизна проекта:***

Биофильтр представляет собой инженерное сооружение, включающее в себя модули биоплато, представляющие собой сетчатую конструкцию с растениями и двустворчатыми моллюсками (дрейссеной речной). Высшие водные растения и моллюски способны очищать воду от загрязняющих веществ, в том числе солей тяжелых металлов, нефтепродуктов, бензола и т.д. Принцип его работы основан на биоремедиации – использовании живых организмов – бактерий, дрожжей, грибов, водорослей, растений, животных и т. д. для детоксикации и снижения концентрации загрязняющих веществ в окружающей среде. Растения используют биогенные вещества для построения собственного тела. В корневой зоне создаются условия для эффективного поглощения загрязняющих веществ. Активную роль здесь играют микроорганизмы. В результате этих процессов происходит очистка водной среды от загрязняющих веществ. Дрейссена осуществляет очистку воды за счет своей высокой фильтрационной активности и накопления различных загрязнений. Исходя из этого, наш фильтр будет эффективен в проточной и стоячей воде.

Мы впервые попытались соединить в биофильтре высшие водные растения и моллюсков – дрейссен речных. Биофильтры с дрейссенами речными ещё не используются. Такой биофильтр более эффективно очищает воду.

Биофильтр представляет собой инженерное сооружение, включающее в себя ящики – биоплато (рис. 5) с высшими водными растениями и двустворчатыми моллюсками (дрейссенами речными), систему крепления биоплато. [1]

Растения и моллюски способны очищать воду от вредных веществ, в том числе от солей тяжелых металлов, бензола, нефтепродуктов и т. д. Предполагается размещать такие конструкции около труб ливневых канализаций или труб, спускающих воду после очистки от промышленных предприятий, из которых вода попадает в реку Волгу или другой пресноводный водоём. Биофильтр можно эффективно использовать на очистных сооружениях в качестве последней ступени очистки воды, а также в золошламонакопителях и хвостохранилищах.[2]

Для очистки сточных вод используют различные технические способы, но они крайне затратны. Биоремедиация с использованием растений и животных – эффективное дополнение или альтернатива техническим системам очистки воды, она на 20-30% дешевле и не требует большого привлечения людей.

Система подобных биофильтров может решить проблему загрязнения пресной воды в регионе, стране и других странах в целом.

Также дрейссены речные питаются инфузориями и другими мелкими паразитами, которые составляют угрозу для мальков рыб.

Моллюски также выделяют фекалии, содержащие значительное количество биогенных элементов (азот и фосфор), это повышает рост высших водных растений и донных водорослей. Тем самым растения лучше усваивают из воды вредные вещества.

Пилотный проект (модули биоплато) предполагается к установке на территории города Рыбинска в партнерстве с администрацией города Рыбинска. Также возможно установление партнерства с другими предприятиями, например, в Ярославле и Череповце.

### ***1.5. Биологические объекты для фильтра:***

1. Водокрас обыкновенный. (фото 1)
2. Телорез алоэвидный. (фото 2)
3. Элодея канадская. (фото 3)
4. Роголистник темно-зеленый. (фото 4)
5. Моллюски: дрейссена речная. (фото 5)

Кувшинка белая или кубышка желтая могут быть использованы как индикаторы. (фото 6)

Все биологические объекты для фильтра выбраны путем изучения научной литературы. [1–11] Виды растений и дрейссены речные обитают в пойме реки Волги вблизи города Рыбинска, они не нанесут вреда экологической системе реки Волги и её притокам.

Исходя из биологических особенностей растений и моллюсков определен способ посадки или расположения видов в биоплато. [2, 3, 7] Например, рдест следует сажать на дно ящиков в грунт, чтобы на поверхности воды располагались листья, водокрас, элодею и роголистник с телорезом следует размещать в ящиках свободно, фиксируя ее сверху мелкой жесткой пластиковой сеткой, чтобы она не уносилась течением и фиксируется тонкими нейлоновыми нитями, дрейссены в первый год привозятся на камнях из Рыбинского водохранилища, а впоследствии рядом с камнями в конце июня- начале июля ставится ящик с тканью на дне, чтобы личинки дрейссен смогли прикрепиться к материалу.

## **2. Этапы и механизмы реализации проекта**

### ***Этапы работы над проектом:***

1. Определение проблемы и цели проекта
2. Анализ примерных аналогов
3. Распределение ролей в команде
4. Изучение флоры и моллюсков бассейна реки Волги

5. Составление биоплато в зависимости от береговых условий (растения и моллюски)
6. Составление схем и чертежей конструкции, методик по хим. анализу
7. Работа с партнерами, создание рабочего прототипа устройства, тестирование
8. Получение навыков работы по сборке фильтра, с объектами фильтра, знаний о материалах, устойчивых к окислению
9. Анализ данных, выводы, подготовка научной статьи
10. Получение патента
11. Продвижение проекта
12. Создание рекламной кампании
13. Работа с потенциальными партнёрами в других регионах
14. Выводы, рефлексия

Временные отрезки этапов реализации проекта мы обозначили в диаграмме Ганта. (рис. 6)

За летнее время 2020 г. мы с нашими родителями и педагогом провели по теме проекта исследование флоры и фауны Рыбинского водохранилища и Волги в пределах Рыбинского района, обнаружили места скопления необходимых нам водорослей и дрейссен. Несколько растений пересадили в пластиковые бутылки с вырезами, (фото 7), за лето очень хорошо разрослась элодея канадская. Создали схемы будущего устройства, которые будем дорабатывать исходя из характеристик сточной канавы и доступных материалов. Характеристики сточной канавы, которые необходимо учесть:

1. Размеры канавы: глубина, ширина, длина.
2. Скорость движения воды в канаве.
3. График измерения температуры воды в канаве в течение года.
4. Химический анализ воды за 3 последних месяца: показатель pH, содержание кислорода, количество взвешенных веществ в воде.

***Описание вариантов конструкции:***

Растения извлекают из воды растворённые минеральные вещества, а дрейссена – взвешенные в воде органические вещества, а также связанные в органические комплексы тяжелые металлы. [6] Так как дрейссена часть веществ усваивает, а часть выделяет в воду в виде фекальных пеллет, садок для дрейссен может быть двухэтажным – верхняя ёмкость сетчатая с сетчатым же дном, в которой сидят дрейссены, а под ней сплошная ёмкость для сбора отходов жизнедеятельности дрейссен или ёмкость с элодеей, роголистником. Для экспериментов можно использовать в качестве верхней ёмкости ящики-сетки для овощей и фруктов. В ящиках размещаются водные растения и дрейссены на камнях или сетках по

уровням. Вся конструкция должна быть съёмная, чтобы частично убирать ее на зимнее время. Будут опробованы 2 вида конструкции.

1 вариант. Пластиковые столбы 10 см толщины, высота столба 1,5 м.

Ящики пластиковые - размер 60 на 40 см, дно у ящика сплошное, стенки ячеистые, верхняя съёмная стенка, крепления - пластиковые хомутики, ящики съёмные, поплавки пенопластовые (рис. 1, рис. 5).

2 вариант. Пластиковые ящики из-под фруктов, закрытые сверху жесткой сеткой из пластика, крепления в углах, высота уровня ящиков регулируется пустыми пластиковыми бутылками, закрепленными в углах ящиков (действуют как поплавки). Вместо ящиков можно использовать пластиковые бутылки 5-6-10 л из-под питьевой воды, с вырезами в верхней части. (рис.2) В связи с колебаниями уровня воды в реке ёмкости не будут закрепляться на дне, а будут подвешиваться на поплавковую систему, которая будет закреплена на берегу для предотвращения сноса ёмкостей течением. В месте стока полукругом устанавливается поплавковая линия, на которую подвешиваются ёмкости с растениями в 1-2 яруса (в зависимости от глубины). Можно первую линию установить на мелководье – расположить дрейссену речную, 2 линия заполняется элодеей, роголистником, 3 линия - заполняем телорезом. Четвертая линия на глубине 0,6-1.0 м заполняется рдестами или водокрасом обыкновенным. (рис. 4)

### **3. Результаты реализации проекта**

- Создание прототипа устройства.
- Собранная и применённая на практике конструкция.
- Очищение водоёмов, создание в дальнейшем возможного массового производства для очищения вод других городов/стран.
- Чистая пресная вода (очищенная от вредных веществ).
- Изучили флору и моллюсков бассейна реки Волги.
- Научимся продвигать наш проект.
- Научились составлять схемы и чертежи конструкции.
- Получим навыки сварки, знания о материалах устойчивых к воде.
- Научимся составлять биоплато в зависимости от береговых условий (растения и моллюски).
- Получим опыт предпринимательской деятельности: опыт распределения денег, опыт руководства проектом, опыт в дизайнерской составляющей в разных программах, опыт в командной работе.
- Получение навыков в реализации проектов и в их оформлении.



#### **4. Описание практической значимости проекта**

Практическая значимость проекта заключается в эффективном использовании природных ресурсов реки Волги и других пресноводных водоемов для очищения данных водоемов. На основании выполненных исследований внедрена принципиально новая конструкция биологического фильтра, отличающаяся от известных высокой фильтрующей способностью при использовании совместно высших водных растений и моллюсков-дрейссен. Благодаря использованию биофильтров на территории города Рыбинска очищение воды от токсичных веществ будет очень эффективно, что благотворно скажется на состоянии других биологических видов, обитающих в реке Волге, возможно, даже купание на пляжах города будет разрешено благодаря использованию данных фильтров. [5, 6, 11]

Растения и моллюски способны очищать воду от вредных веществ, в том числе от солей тяжелых металлов, бензола, нефтепродуктов и т. д., поэтому мы решили создать биофильтр для очистки сточных вод в реку Волгу на данный момент. Растения и моллюски способны переводить токсичные соединения в нетоксичные для человека и окружающей среды, вследствие чего идет нейтрализация токсичных сбросов от предприятий и ливневых стоков. В дальнейшем может быть установлено несколько конструкций на акватории Волги в районе города Рыбинска и далее. Предполагается размещать такие конструкции около труб ливневых канализаций или труб, спускающих воду после очистки от промышленных предприятий, из которых вода попадает в реку Волгу или другой пресноводный водоём. Эффективно будет работать биофильтр, расположенный непосредственно около сточных канав или труб, так как вода будет проходить непосредственно через биоплато (ящики с растениями и моллюсками). Если конструкции устанавливать в иных местах, то ее эффективность будет намного меньше. [3, 4, 9]

В холодное (поздняя осень, зима, ранняя весна) время в фильтре будут выполнять роль фильтраторов-очистителей дрейссены речные и элодея канадская, то есть в холодное время фильтр также будет работать. [3, 7, 8]

Подобные биофильтры используются на металлургическом предприятии в городе Череповце, для доочистки сточных вод в городе Казани и Новосибирске. [9, 11]

#### **5. Заключение (оценка эффективности проекта, перспективы дальнейшей деятельности);**

Мы изучили существующие аналоги в России по созданию биофильтров в пресноводных водоемах [9, 11] и создали собственный вариант фильтра:

Новосибирск. 2019 г.

СО РАН им. Соболева попытались очистить загрязнённые стоками водоёмы с помощью таких растений, как водяной гиацинт, завезённый из теплиц Института цитологии и генетики СО РАН, рдест и рогоз, которые исконно произрастали на данной территории.

Череповец. 2018 г. На металлургическом комбинате начался эксперимент по очистке сточных вод при помощи растений. Их поместили во второй золошламонакопитель - сооружение, куда попадает вода с производства. Золошламонакопитель - это гидротехническое сооружение глубиной до шести метров для отстаивания и очистки воды. Общий объем золошламонакопителей на "Северстали" - 41 миллион кубометров. Всего биологи высадили 350 эйхорний, 140 телорезов и по 100 килограммов элодеи и роголистника.

Казань. 2018 г.

Созданы биофильтры на основе биоплато на подтопляемых участках Волги, высажены камыш озерный и рогоз обыкновенный.

Эффективность проекта может быть оценена, как высокая, так как устройство биофильтра основано на свойстве биологических объектов поглощать из воды токсичные вещества. [9, 10, 11] Опытным путем проверено на практике св-во роголистника тёмно-зелёного поглощать и удерживать токсичные вещества.

Высшие водные растения поглощают все загрязняющие вещества в водоёме. Особенно сильно водоплавающие растения извлекают из окружающей среды и концентрируют в своих тканях ртуть, свинец и другие тяжелые металлы, в больших количествах, притом, без особого вреда для себя, переводя опасные вещества в неопасные для окружающей среды. [2, 11]

В конце сезона вегетации (сентябрь-октябрь) предполагается произвести химический анализ накопившихся в растениях и моллюсках ионов токсичных соединений, если концентрация таких ионов будет превышать допустимые нормы, то растения стоит утилизировать на полигоне для отходов токсичных веществ. [1, 2] У рдеста и телореза срезаются листья, элодея и роголистник удаляются полностью. Осенью необходимо будет заменить элодею, привезти ее из экологически чистых районов (верховья Волги – Охотино, или из прилегающих озер). Также необходимо поступить и с дрейссенами, если концентрация вредных веществ в них превысит норму. [8]

#### ***Развитие проекта:***

- Создание конструкции биофильтра и вариативность конструкции на разных глубинах и для различных сточных канав.

- Создание комплекса биофильтров в районе города Рыбинска и далее.

- Установка датчиков по состоянию загрязнений и уровню воды, автоматический мониторинг.
- Создание биофильтра для соленой воды.
- Создание биоплато для частных закрытых водоемов или прудов.
- Создание напыления на трубы, чтобы личинки дрейссен к ним не прикреплялись.

**ВАЖНО для ГЭС!**

За три года мы изучили биологические особенности растений и моллюсков для биофильтра, продумали систему расположения биоплато. (рис. 4) Собрали необходимые образцы растений и моллюсков для изучения в наноквантуме.

Разработали логотип проекта. (рис. 3)

Мы создали команду разработчиков. Каждый из нас выполняет определенную часть работы. Создан прототип биофильтра.

В данный момент мы изучили методики определения токсичных соединений в растениях и моллюсках. Проводим эксперименты с роголистником тёмно-зелёным. (Таб. 2, фото 8 и 9)

Мы сотрудничаем по изготовлению и функционированию устройства со специалистами из Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук. Получили рекомендации эксперта на данном этапе работы над проектом. Наметили дальнейшие задачи.

Весной 2022 год установили первый биофильтр на территории Рыбинского района на пруду. Проведен анализ воды до установки биоплато. (Таб. 1) Выявлена проблемы пониженной кислотности и избытка солей кальция и магния, а также повышенное содержание железа и нитратов. Размер пруда 10 на 20 м. (Фото 7) Команда приступила к разработке модуля фильтра для очистки воды от нефтепродуктов. Ведутся наблюдения и проводятся анализы воды. Создан тестовый сайт проекта для будущих партнеров.

Установка подобных биофильтров поможет улучшить качество воды в открытых водоёмах Ярославской области и за её пределами, значит, улучшится качество жизни людей. В воде и рыбе, употребляемой в пищу людьми, будет находиться меньше токсичных веществ, следовательно, люди будут меньше болеть и дольше жить.

## **6. Список использованной литературы**

1. Дикиева Д.М., Петрова И.А. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие концентрацию минеральных веществ в высших водных растениях // Гидробиологические процессы в водоемах / Под ред. И.М. Распопова. — Л.: Наука, 1983. — С. 107-213.
2. Дмитриева Н.Г., Эйнон Л.О. Роль макрофитов в превращении фосфора в воде // Вод. Рес. — 1985. — № 5. — С. 101-110.
3. Калайда М.Л., Говоркова Л.К., Загустина С.Д., Хамитова М.Ф. Биоплато как способ доочистки дренажных вод города и сточных вод промышленных предприятий. Казанский государственный энергетический университет. «Проблемы энергетики». — 2009. — № 7-8, 123-129 с.
4. Коцарь Е.М. Инженерные сооружения типа «биоплато» как блок доочистки и водоотведения с неканализованных территорий: Тез.докл. междунар. конф. «AQUATERRA», Санкт-Петербург, 1999. — С. 72-73.
5. Смирнова Н.Н. Эколого-физиологические особенности корневой системы прибрежноводной растительности // Гидробиол. Журн. — 1980. — 26, № 3. — С. 60-69.
6. Стольберг В.Ф., Ладыженский В.Н., Спиринов А.И. Биоплато — эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2003. — № 3. — С. 32-34.
7. Тимофеева С.С. Биотехнология обезвреживания сточных вод // Хим. и технол. Воды. — 1995. — 17, № 5. — С. 525-532.
8. Флеров Б.А. Эколого-физиологические аспекты токсикологии пресноводных животных. Л.: Наука. — 1989. — 144 с.
9. Яковлев В.Н. (Ред.) Каталог растений и животных водоемов бассейна Волги. Ярославль: Изд-во ЯГТУ. — 2000. — 309 с.
10. <https://prof-vodochistka.ru/info/ispolzovanie-vysshikh-vodnykh-rastenij-v-praktike-ochistki-stochnykh-vod-i-poverkhnostnogo-stoka>
11. <http://www.nanometer.ru/>

## 7. Приложения

Рисунок 1. Вид сверху

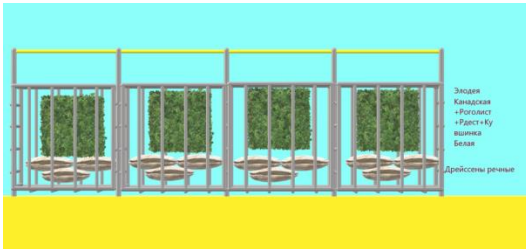


Рисунок 2. Схема биофильтра

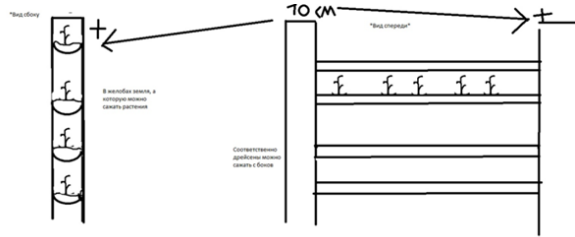


Рисунок 3.

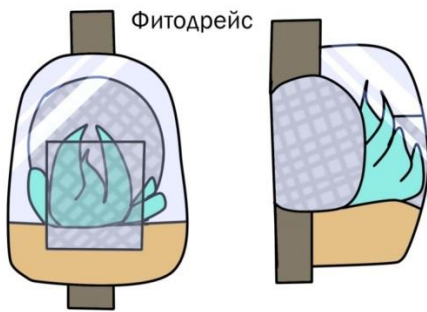


Рисунок 4.

Расположение биофильтра на территории будущего предприятия-партнёра.

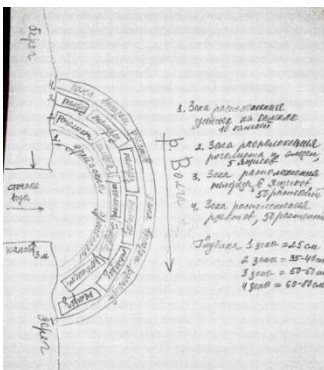
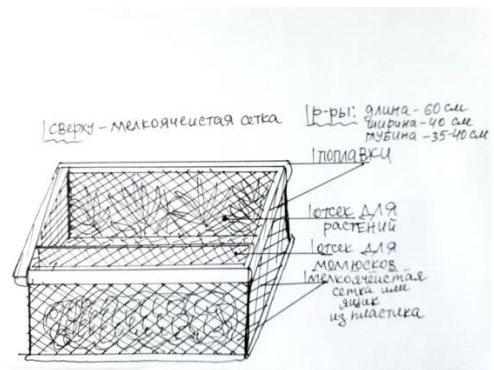


Рисунок 5. Биоплато



## Рисунок 6.

### Диаграмма Ганта



Фото 1. Водокрас обыкновенный. Фото 2. Телорез алоэвидный



Фото 3. Элодея канадская

Фото 4. Роголистник тёмно-зелёный



Фото 5. Моллюски дрейссены речные

Фото 6. Кубышка желтая – индикатор



Фото 7. Летние эксперименты. Установка первых модулей биоплата.



Таблица 1. Химический анализ воды из пруда

Загрязняющие вещества	Значение концентраций ряда загрязняющих веществ	
	Концентрация загрязняющих веществ (в долях ПДК, рыбохоз)	
	Август 2021 – без биоплата	Май, август 2022 – биоплата
Медь	6	2,5
Железо	2,3	0,6
Фосфаты	1,3	1,2
Нитраты	0,4	0,06
Нитриты	0,06	0,04

Таблица 2. Накопление токсичных веществ в образцах роголистника тёмно-зеленого в закрытых ёмкостях. Данные со спектрофотометра.

Me	вариант	концентрация, мкМ/г	Стандартная ошибка	Содержание металлов как % от фонового
Pb	Фон	0,018	0,01	100
Cu	Фон	0,069	0,003	100
Zn	Фон	0,955	0,021	100
Pb	Эксп	0,282	0,01	1566.7
Cu	Эксп	0,4096	0,036	593.6
Zn	Эксп	1,2733	0,064	133.3

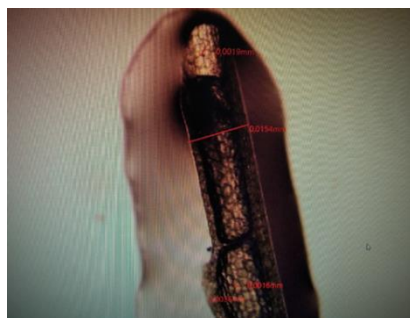


Фото 8. Тургор в клетках роголистника тёмно-зелёного.



Фото 9. Фото образцов.